

УДК [621.039.9+550.348]: 007(574.41)

**РАСПОЗНАВАНИЕ СЕЙСМИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ НА ТЕРРИТОРИИ СЕМИПАЛАТИНСКОГО
ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ПОЛИГОНА ПО ДАННЫМ СТАНЦИЙ СЕЙСМИЧЕСКОЙ СЕТИ НЯЦ РК**¹Соколова И.Н., ²Мусин А.К., ¹Султанова Г.С.¹Институт геофизических исследований НЯЦ РК²КазНИИ Энергетики

В статье приведены результаты исследований по распознаванию химических, ядерных взрывов и близких землетрясений на Семипалатинском испытательном полигоне. Использовались сейсмические записи периода 1964 - 2002 г, полученные станциями сети НЯЦ РК – Курчатова, Маканчи, Боровое, Талгар, расположенными на региональных расстояниях от полигона. Исследовались спектральные амплитудные отношения Lg/Pg , Sn/Pg , Sn/Pn , Lg/Pn . Приведены результаты анализа частотно-временных полей с целью выявления наиболее эффективных критериев распознавания явлений

Семипалатинский испытательный полигон является уникальным полигоном Азии, где, наряду с подземными ядерными взрывами, производились исследовательские и калибровочные химические взрывы. Последние годы на угольном карьере Каражыра, который расположен на площадке Балапан, проводятся карьерные химические взрывы. Кроме того, на территории СИП и в прилегающих к нему районах проявляется естественная тектоническая сейсмичность. Поэтому интерес к решению задачи распознавания сейсмических событий для этого региона велик, особенно для сейсмических станций НЯЦ РК, часть которых входит в Международную систему мониторинга. В настоящей работе исследуются амплитудные отношения Lg/Pg , Sn/Pg , Sn/Pn , Lg/Pn , замеренные при узкополосных фильтрах с центральными частотами 0.6, 1.25, 2.5, 5.0 Гц. Узкополосные фильтры применены с целью исключения эффектов, связанных с различием частотных характеристик приборов, поскольку, наряду с цифровыми данными, использовались оцифрованные аналоговые записи станций Талгар (TLG) и Боровое (BRVK). Это позволило проанализировать большое количество записей взрывов и землетрясений за продолжительный период времени для сравнительно небольшой площади исследуемого района, уменьшив тем самым разброс различных топографических параметров и прочих характеристик трасс.

**СИСТЕМА НАБЛЮДЕНИЙ И ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ
МАТЕРИАЛЫ**

Анализировались записи, полученные на станциях Боровое (BRVK), Курчатова (KURK), Маканчи (MAKZ) и Талгар (TLG), так как для них был собран наиболее представительный материал. Были обработаны записи 25 химических взрывов, полученные в 1975-2002 гг., с магнитудой $m_{pva} \sim 1.6-4.4$ на эпицентральных расстояниях 70-785 км от станций, 16-ти землетрясений за 1976-2002 гг. из района с координатами $46^\circ \sim 52.5^\circ$ с.ш. и $75^\circ \sim 82.5^\circ$ в.д. с магнитудой $m_{pva} \sim 3.8-5.1$ на эпицентральных расстояниях 48-1281 км от станций, 10-ти взрывов в карьере Каражыра за 1997-2002 гг. с магнитудой $m_{pva} \sim 2.0-2.8$ на

эпицентральных расстояниях 77-749 км, 124-х ядерных взрывов за 1964-1989 гг., с магнитудой $m_b \sim 3.8-6.5$ при диапазоне эпицентральных расстояний 655-774 км. Кроме того, хотя и в меньшей степени, использовались данные, полученные станциями Восточное (VOS), Чкалово (CHKZ), Зеренда (ZRNK).

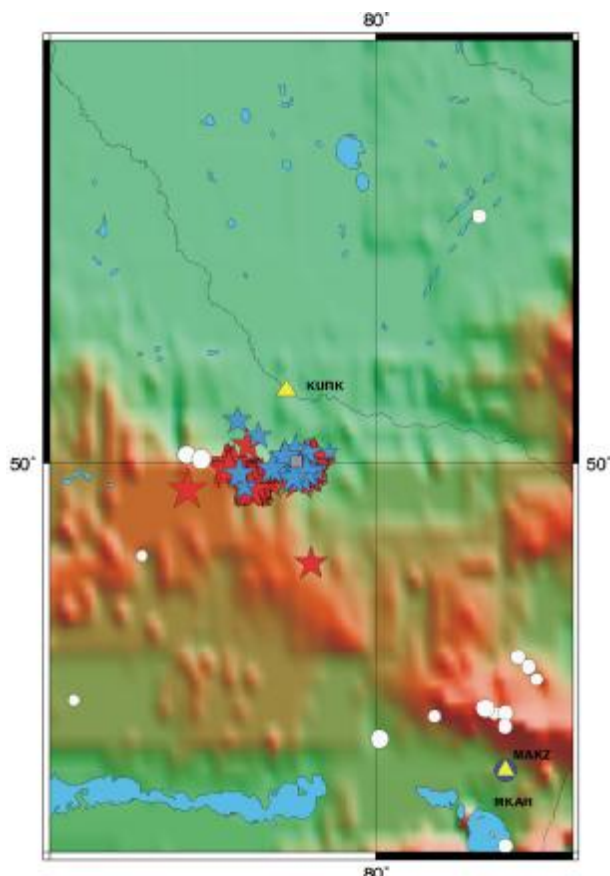
Сведения о землетрясениях и ядерных взрывах были взяты из каталогов NEIC и PDE Геологической службы США, каталога REB, каталога ISC Международного сейсмологического центра, каталога IDC. Информация о химических взрывах была подобрана по [1, 2]. На рисунке 1. показано расположение этих событий.

АППАРАТУРА

В настоящей работе использовались данные, полученные с помощью аппаратуры разных типов, что позволило охватить достаточно большой период времени (1964-2002 гг.). Ниже приводятся основные характеристики использованной аппаратуры.

Цифровые станции. Обработывались данные, зарегистрированные трёхкомпонентными цифровыми сейсмическими станциями QUANTERRA, REFTEK и GSN, установленными на стационарных станциях наблюдения НЯЦ РК [3]. Цифровые станции укомплектованы сейсмометрами STS-2, STS-1, L4C, CMG-3 или CMG-40T с полосой пропускания 0.008-45 Гц (STS-2) и 0.03-80 Гц (CMG-3 и CMG-40T). Частота оцифровки использованных данных – 20-100 Гц [3].

Комплекс аппаратуры с магнитной записью ACC-6/12 [4]. Каждая станция магнитной записи укомплектована тремя сейсмометрами CM-3 (три компоненты) с собственным периодом 1.5 с. Частотный диапазон по уровню -3 Дб при скорости записи 0.5 мм/с – 0.5-16 Гц. Для преобразования информации, зарегистрированной на магнитной ленте станциями записи ACC-6/12 в видимую форму на фотобумаге или в цифровой формат, использовала станция воспроизведения ВСС-3/6. Записи, использованные в настоящей работе, были оцифрованы с частотой 20 и 25 Гц.



Кружки – землетрясения. Звездочки: красные – подземные ядерные взрывы, голубые – химические калибровочные и исследовательские взрывы, Квадрат – карьерные взрывы. Треугольники – 3-х компонентные сейсмические станции.

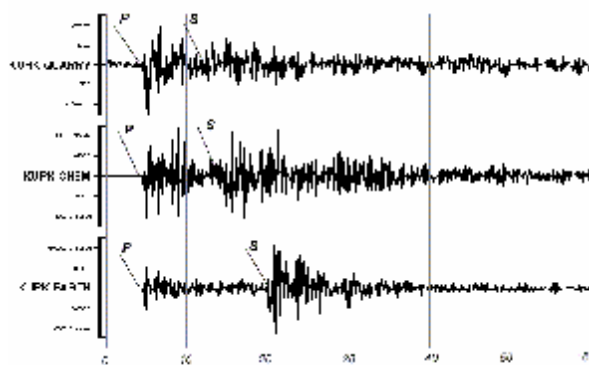
Рисунок 1. Расположение сейсмических событий, включенных в базу данных по Семипалатинскому испытательному полигону

Сейсмометры СКМ-3. Трёхкомпонентные записи выполнены комплектом, состоящим из двух горизонтальных и одного вертикального сейсмометров с собственным периодом 1.6 с [5]. Рабочий диапазон частот по уровню -3 Дб - 0.5-9 Гц. Используемые сейсмограммы записаны на фотобумагу, имели временную развертку 120 мм/мин. Сейсмограммы отсканированы и оцифрованы с помощью специального программного обеспечения, частота оцифровки - 40 Гц.

Краткая характеристика волновой картины записей сейсмических событий

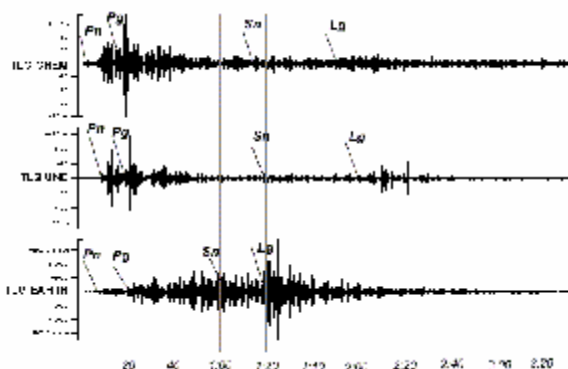
События из района Семипалатинского испытательного полигона (рисунок 1) условно можно разделить на 2 зоны в зависимости от эпицентрального расстояния: I – ближняя зона, с эпицентральной расстоянием до 200 км (записи станции KURK); II – дальняя зона, с эпицентральной расстоянием > 200 км (записи станций BRVK, SHKZ, MAKZ, TLG, VOS, ZRNK). При взрывах, производимых под землей, станциями регистрируются продольные и поперечные волны, связанные со слоями в земной коре, которые наблюдаются на соответствующих эпицен-

тральных расстояниях в данном районе и при мелкофокусных землетрясениях. На рисунке 2 приведены сейсмограммы, характерные для ближней зоны. На них четко выделяются фазы - прямая P и S. На рисунке 3 приведены сейсмограммы, характерные для дальней зоны, зарегистрированные станцией Талгар. В этом случае на сейсмограммах можно выделить фазы Pn, Pg, Sn, Lg.



Вверху - карьерный взрыв 22.05.2002 г., $\Delta = 77$ км. Посередине – калибровочный взрыв 25.09.1998 г., $\Delta = 83$ км. Внизу – землетрясение 26.03.1996 г., $\Delta = 129$ км.

Рисунок 2. Сейсмограммы, зарегистрированные станцией Курчатова (KURK). Фильтр с центральной частотой 5.0 Гц



Вверху - химический взрыв 16.09.1987 г., $\Delta = 744$ км. Посередине – подземный ядерный взрыв 26.12.1982 г., $\Delta = 740$ км. Внизу – землетрясение 25.09.1996 г., $\Delta = 492$ км.

Рисунок 3. Сейсмограммы, зарегистрированные станцией Талгар (TLG). Фильтр с центральной частотой 5.0 Гц

МЕТОДИКА ОБРАБОТКИ ДАННЫХ

Методика обработки данных была в целом аналогична методике, описанной в [6-8]. Был применен метод спектральных отношений при узкополосной фильтрации. Использовались фильтры с центральными частотами 0.6, 1.25, 2.5, 5 Гц и полосой пропускания 2/3 октавы на уровне -3 Дб от максимума. Преобразование записей смещений (СКМ) в скорость (ACC-6/12, CMG-3, CMG-40T, STS-2, STS-1, L4C) или наоборот, не производилось, так как это различие данных несущественно для амплитудных отношений при использовании узкополосных частотных фильтров.

Измерялась максимальная амплитуда в волнах P и S для станций ближней зоны, Pn, Pg, Sn, Lg, - для станций дальней зоны. Времена вступления фаз P, Pn, Pg, S, Lg определялись по годографу [1]. Максимальная амплитуда Sn замерялась после вступления фазы Sn по годографу и до вступления фазы Lg.

Для анализа были использованы десятичные логарифмы отношения амплитуды соответствующих волновых групп к амплитуде волн Pn и Pg, измеренных на той же компоненте (вертикальной или горизонтальной). Далее, для простоты, опускаются повторяющиеся символы. Например, величина $\lg(A_{Lg}/A_{Pn})$ будет обозначаться как Lg/Pn и т.д. Преобразование горизонтальных осей координат по азимуту не производилось. Это связано с тем, что некоторые данные, особенно старые, не позволяют производить такое преобразование достаточно корректно.

Для распознавания событий рассматривались следующие характеристики логарифмов амплитудных отношений:

- средние выборочные значения для взрывов и землетрясений;
- дисперсия по выборке;
- коэффициент качества разделения, определяемый как

$$K_{qd} = \frac{\bar{X}_{eq} - \bar{X}_{ex}}{\sqrt{S_{eq} + S_{ex}}},$$

где \bar{X}_{eq} и \bar{X}_{ex} - средние выборочные значения, а S_{eq} и S_{ex} - дисперсии для землетрясений и взрывов, соответственно (очевидно, что чем выше абсолютная величина коэффициента качества разделения, тем меньше вероятность ошибки);

- пороговое значение, при котором происходит разделение взрывов и землетрясений [6-8].

АНАЛИЗ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

Станция KURK. Сейсмическая станция Курчатов (KURK) находится в ближней зоне от Семипалатинского испытательного полигона. Были обработаны записи этой станцией 29-ти событий с эпицентрными расстояниями от 70 до 620 и магнитудой $m_b = 1.6 - 4.6$, из них 6-ти землетрясений, 14-ти химических взрывов, 9-ти карьерных взрывов. С учетом характера сейсмической записи в ближней зоне для всех взрывов измерения проводились по волновым фазам P и S. Эпицентры некоторых землетрясений, находились на расстоянии больше 200 км от станции, на записях этих событий замеры проводились по фазам Pg и Lg.

На рисунке 4 представлены результаты замеров отношения S/P для вертикальной компоненты. Как видно из рисунка, разделение отношений наблюдается на частоте 5 Гц, однако один взрыв (Омега-3, 29/07/2000) попал в область землетрясений. Повидимому, это связано с тем, что взрывная камера при эксперименте Омега-3 расположена вблизи тектониче-

ского разлома, взрыв мог инициировать движение вдоль разлома, аналогичное землетрясению [9].

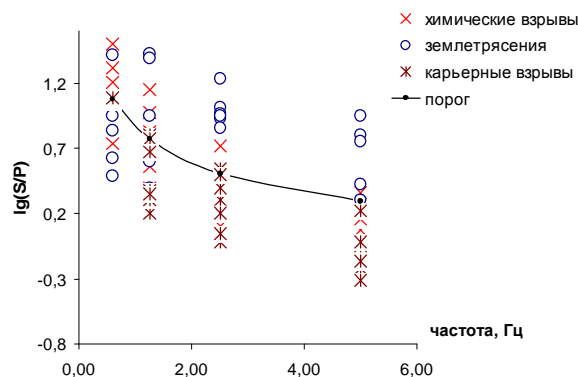


Рисунок 4. Распределение значений параметра S/P для взрывов и землетрясений. Станция Курчатов, канал Z.

В таблицу 1 сведены данные о коэффициенте качества разделения и пороговом значении на разных частотных фильтрах для каналов восток-запад (E), север-юг (N) и Z.

Таблица 1. Коэффициент качества разделения и пороговое значение S/P для станции Курчатов

Канал	Частота	S/P	
		Коэффициент качества разделения	Пороговое значение
E	0,6	-0,17	1,35
E	1,25	0,44	0,86
E	2,5	0,74	0,75
E	5	1,42	0,66
N	0,6	0,10	0,99
N	1,25	1,18	0,68
N	2,5	1,85	0,54
N	5	1,14	0,79
Z	0,6	-0,45	1,078
Z	1,25	0,43	0,77
Z	2,5	1,20	0,51
Z	5	1,23	0,29

Станция MAKZ. Сейсмическая станция Маканчи (MAKZ) расположена в предгорьях хр. Тарбагатай, в дальней зоне от Семипалатинского испытательного полигона. По станции Маканчи были обработаны записи 24-х событий с эпицентрными расстояниями от 48 до 620 км и магнитудой $m_b = 1.6-4.6$, из них 10-ти землетрясений, 9-ти химических взрывов и 5-ти карьерных взрывов. С учетом характера сейсмической записи в дальней зоне измерения проводены по волновым фазам Pn, Pg, Sn, Lg. Для нескольких землетрясений из ближней зоны станции ($\Delta < 200$ км) проведены замеры по P и S- волнам.

На рисунке 5 представлены основные результаты замеров отношения Lg/Pg для вертикальной компоненты. Как следует из рисунка, наилучшее распознавание событий наблюдается при использовании частотной фильтрации с центральной частотой 5 Гц.

**РАСПОЗНАВАНИЕ СЕЙСМИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ НА ТЕРРИТОРИИ
СЕМИПАЛАТИНСКОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ПОЛИГОНА ПО ДАННЫМ СТАНЦИЙ СЕЙСМИЧЕСКОЙ СЕТИ НЯЦ РК**

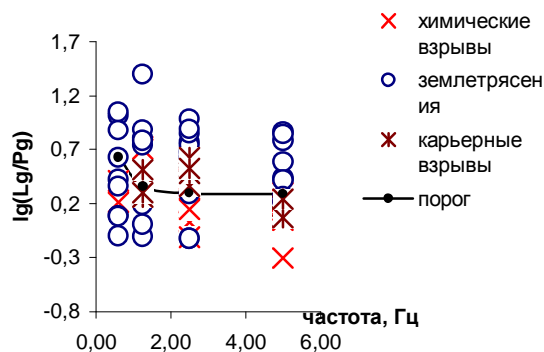


Рисунок 5. Распределение значений параметра Lg/Pg для взрывов и землетрясений. Станция Маканчи, канал Z

Значение параметра Lg/Pg для карьерных взрывов на месторождении Каражыра на высоких частотах выше, чем для взрывов с компактным заложением заряда (калибровочных). Та же тенденция прослеживается для отношения Sn/Pg. В таблице 2 дана информация о коэффициенте качества разделения и пороговом значении Lg/Pg на разных фильтрах для каналов записи восток-запад, север-юг, Z.

Таблица 2. Коэффициент качества разделения и пороговое значение Lg/Pg для станции Маканчи

Канал	Частота	Lg/Pg	
		Коэффициент качества разделения	Пороговое значение
E	0,6	1,43	0,43
E	1,25	1,14	0,57
E	2,5	0,42	0,79
E	5	0,62	0,33
N	0,6	0,32	0,35
N	1,25	0,43	0,20
N	2,5	0,03	0,36
N	5	0,35	0,02
Z	0,6	0,32	0,15
Z	1,25	0,21	0,31
Z	2,5	0,45	0,25
Z	5	1,07	0,26

Таблица 3. Коэффициент качества разделения и пороговое значение для станции Боровое

Канал	Частота	Sn/Pg		Lg/Pg		Sn/Pn		Lg/Pn	
		Коэффициент качества разделения	Пороговое значение	Коэффициент качества разделения	Пороговое значение	Коэффициент качества разделения	Пороговое значение	Коэффициент качества разделения	Пороговое значение
E	0,6	6,06	0,71	3,06	1,13				
E	1,25	1,88	0,39	2,05	0,88				
E	2,5	0,34	0,32	0,25	0,04	1,24	0,32	1,05	0,73
E	5	0,82	0,25	0,95	-0,05	5,67	0,17	3,02	-0,12
N	0,6	11,85	1,01	5,24	1,41				
N	1,25	0,55	0,92	3,39	1,06				
N	2,5	0,19	0,37	0,32	0,20	-0,70	1,01	-0,31	1,18
N	5	0,75	0,44	0,89	0,01	2,52	0,01	2,20	-0,19
Z	0,6	0,44	0,36	0,89	0,82				
Z	1,25	0,64	0,46	1,43	0,84				
Z	2,5	0,46	0,64	2,25	0,65	0,00	0,48	-0,18	1,04
Z	5	0,99	0,34	2,29	0,00	1,62	0,47	2,87	-0,11

Станция TLG. Сейсмическая станция Талгар (TLG) расположена в Северном Тянь-Шане, в дальней зоне от Семипалатинского испытательного полигона. За более чем 40 лет работы станции накоп-

Станция BRVK. Сейсмическая станция Боровое (BRVK) расположена на Кокчетавском массиве, в дальней зоне от Семипалатинского испытательного полигона. По станции Боровое были обработаны записи 16-ти событий с эпицентрными расстояниями от 601 до 1130 км и магнитудой m_b 2.8-5.1, из них 7-ми землетрясений, 8-ми химических взрывов и 1-го карьерного взрыва. По описанной выше методике проведены измерения по всем перечисленным волновым фазам Pn, Pg, Sn, Lg.

На рисунке 6 представлены основные результаты замеров отношения Lg/Pg для вертикальной компоненты. Наилучшее распознавание наблюдается при использовании частотной фильтрации с центральной частотой 5 Гц.

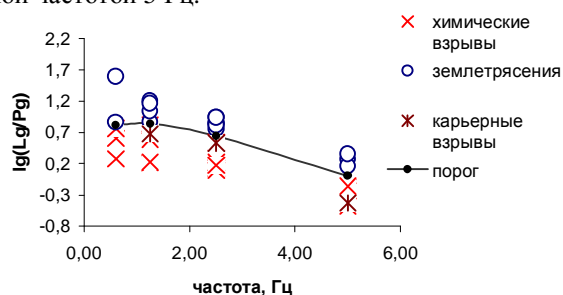


Рисунок 6. Распределение значений параметра Lg/Pg для взрывов и землетрясений. Станция Боровое, канал Z

Замеры для карьерного взрыва на месторождении Каражыра хорошо согласуются с результатами замеров по остальным химическим взрывам. В таблице 3 приведены данные о коэффициенте качества разделения и пороговым значением Sn/Pg, Lg/Pg, Sn/Pn, Lg/Pn на разных фильтрах для каналов восток-запад, север-юг, Z.

лено большое количество аналоговых сейсмограмм, что позволило отобрать и обработать записи 141 события с эпицентрными расстояниями от 502 до 1065 км, магнитудой m_b 3.8-6.5, из них 9-ти земле-

**РАСПОЗНАВАНИЕ СЕЙСМИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ НА ТЕРРИТОРИИ
СЕМИПАЛАТИНСКОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ПОЛИГОНА ПО ДАННЫМ СТАНЦИЙ СЕЙСМИЧЕСКОЙ СЕТИ НЯЦ РК**

трясений, 8-ми химических взрывов и 124-х подземных ядерных взрывов. Проведены измерения по волновым фазам Pn, Pg, Sn, Lg.

На рисунках 7-8 приведены результаты замеров отношения Sn/Pg для вертикальной компоненты. Ядерные взрывы (рисунок 7) и химические взрывы (рисунок 8) в сравнении с землетрясениями проанализированы раздельно.

Разделение событий во всех рассматриваемых случаях наблюдается на частоте 5 Гц. Однако разделение ядерных взрывов и землетрясений для отно-

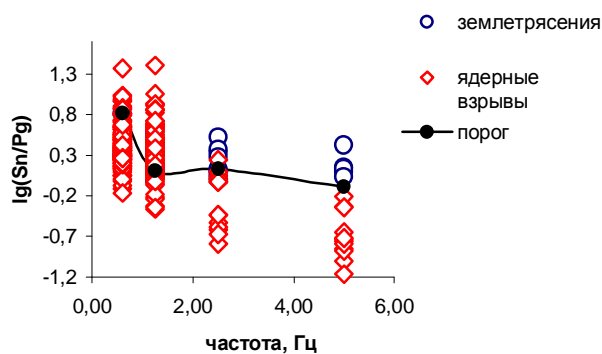


Рисунок 7. Распределение значений параметра Sn/Pg для ядерных взрывов и землетрясений. Станция Талгар, канал Z

шений Lg/Pn, Sn/Pn крайне неустойчиво. Этот факт может быть связан с тем, что использованные сейсмические записи имели ряд недостатков - повышенную погрешность при оцифровке данных, низкий динамический диапазон, использование для оцифровки событий с магнитудами > 5.5 закругленного канала.

В таблицах 4, 5 представлены данные о коэффициенте качества разделения и пороговое значение Sn/Pg, Lg/Pg, Sn/Pn, Lg/Pn на разных фильтрах для каналов записи восток-запад, север-юг, Z.

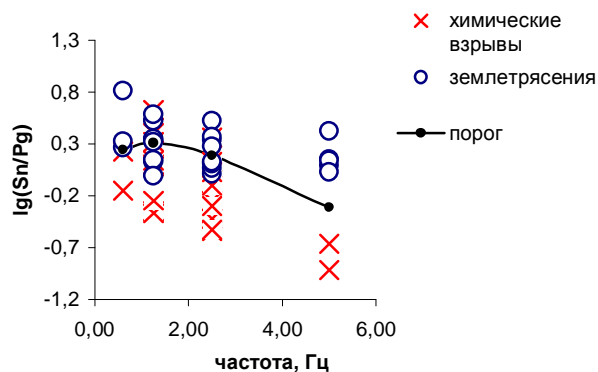


Рисунок 8. Распределение значений параметра Sn/Pg для химических взрывов и землетрясений. Станция Талгар, канал Z

Таблица 4. Коэффициент качества разделения и пороговое значение для химических взрывов и землетрясений. Станция Талгар

Канал	Частота	Sn/Pg		Lg/Pg		Sn/Pn		Lg/Pn	
		Коэффициент качества разделения	Пороговое значение	Коэффициент качества разделения	Пороговое значение	Коэффициент качества разделения	Пороговое значение	Коэффициент качества разделения	Пороговое значение
E	0,6	1,31	0,45	1,90	1,21	1,98	0,67	1,54	1,64
E	1,25	-0,13	0,37	-0,02	0,90	0,47	1,00	0,58	1,46
E	2,5	0,03	0,54	0,18	0,87	0,43	0,75	0,56	1,32
E	5	1,98	-0,21	0,84	0,32	0,85	-0,11	0,55	0,37
N	0,6	-0,07	0,26	0,36	1,16	4,67	0,86	2,37	1,69
N	1,25	-0,08	0,31	0,09	1,10	0,37	0,80	0,62	1,25
N	2,5	0,16	0,44	0,18	0,81	0,59	0,68	0,66	1,15
N	5	0,93	0,13	0,53	0,55	0,65	0,26	0,31	0,59
Z	0,6	0,75	0,25	0,38	1,03	1,06	0,58	0,98	1,40
Z	1,25	0,39	0,31	0,42	0,78	0,99	0,76	0,88	1,26
Z	2,5	0,84	0,19	0,39	0,60	1,17	0,38	0,76	0,87
Z	5	2,89	-0,31	2,49	-0,16	1,53	-0,05	1,03	0,10

Таблица 5. Коэффициент качества разделения и пороговое значение для ядерных взрывов и землетрясений. Станция Талгар

Канал	Частота	Sn/Pg		Lg/Pg		Sn/Pn		Lg/Pn	
		Коэффициент качества разделения	Пороговое значение	Коэффициент качества разделения	Пороговое значение	Коэффициент качества разделения	Пороговое значение	Коэффициент качества разделения	Пороговое значение
E	0,6	0,55	0,80	1,52	1,32	0,45	1,34	0,89	2,03
E	1,25	0,17	0,46	0,31	1,09	0,32	1,12	0,43	1,51
E	2,5	0,58	0,22	0,74	0,70	1,22	0,66	1,33	1,22
E	5	1,23	-0,04	1,20	0,32	0,88	-0,05	1,02	0,32
N	0,6	-0,14	0,26	0,74	1,24	0,68	1,53	1,17	2,01
N	1,25	0,02	0,51	0,34	1,01	-0,09	0,67	0,27	1,36
N	2,5	0,36	0,39	0,66	0,66	0,55	0,67	0,89	0,96
N	5	1,47	0,11	0,90	0,56	1,24	0,20	1,15	0,39
Z	0,6	0,04	0,82	0,39	1,32	0,20	1,25	0,64	1,78
Z	1,25	-0,08	0,11	0,06	1,08	0,01	1,12	0,15	1,56
Z	2,5	0,89	0,13	0,72	0,54	1,14	0,53	1,14	0,86
Z	5	1,70	0,01	1,33	0,02	1,46	0,16	1,06	0,09

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В данной работе предпринята попытка оценить возможность идентификации химических, ядерных взрывов и землетрясений, близких к СИП, в региональной зоне эпицентральных расстояний с целью получения критериев, позволяющих аналитикам Центра данных в интерактивном режиме производить распознавание сейсмических источников.

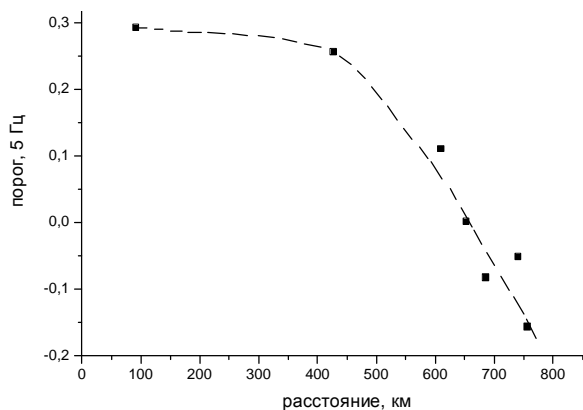


Рисунок 9. Зависимость порогового значения параметра Lg/Pg от среднего эпицентрального расстояния до Семипалатинского испытательного полигона. Фильтр 5.0 Гц, канал Z

Для всех рассматриваемых станций, разделение спектральных отношений наблюдается на высоких частотах. Такая же закономерность ранее выявлена для других полигонов Центральной и Южной Азии, таких как Лобнор, Похаран и Чагай [6-8]. Для станций МАКЗ, KURK, расположенных в Восточном Казахстане, самых близких к рассматриваемому району, разделение спектральных отношений (S/P , Lg/Pg) наблюдается на частоте 5.0 Гц. Для станции BRVK, расположенной на Кокчетавском массиве, разделение параметров Lg/Pg , Sn/Pn , Lg/Pn наблю-

дается на той же частоте. И, наконец, для станции Талгар, расположенной на Северном Тянь-Шане, для которой анализ проведен как для химических, так и для ядерных взрывов, разделение спектральных отношений Lg/Pg , Sn/Pg , Lg/Pn , Sn/Pn наблюдается также на частоте 5.0 Гц.

Для этой частоты на рисунке 9 показана зависимость пороговых значений параметра Lg/Pg от среднего расстояния между станциями наблюдения и Семипалатинским испытательным полигоном (таблица 6).

Как видно из рисунка, с увеличением расстояния наблюдается нелинейное уменьшение порогового значения Lg/Pg .

Таблица 6. Пороговое значение параметра Lg/Pg для станций НЯЦ РК. Частота 5 Гц, канал Z

Станция	Пороговое значение Lg/Pg	Коэффициент качества разделения
KURK	0,29	1,23
MAKZ	0,26	1,07
VOS	0,11	1,24
BRVK	0,00	2,29
CHKZ	-0,08	1,00
ZRNK	-0,05	0,44
TLG	-0,16	2,49

Результаты исследований по распознаванию химических, ядерных взрывов и близких землетрясений на Семипалатинском испытательном полигоне, их согласованность с ранее полученными данными позволяют продолжать изучение критериев распознавания различных сейсмических источников для полигонов Центральной Азии с целью создания метода идентификации химических и ядерных взрывов в режиме реального времени, столь необходимого при сейсмическом мониторинге.

ЛИТЕРАТУРА

1. Михайлова Н.Н., Аристова И.Л., Германова Т.И. Годограф сейсмических волн по результатам регистрации сигналов от химических взрывов на Семипалатинском испытательном полигоне//Геофизика и проблемы нераспространения/Вестник НЯЦ РК. – Курчатов: НЯЦ РК, 2002. Вып. 2. – С. 46-54.
2. Халтурин В.И., Раутиан Т.Г., Ричардс П.Г. Химические взрывы периода 1961-1988 гг. на Семипалатинском испытательном полигоне//Геофизика и проблемы нераспространения/Вестник НЯЦ РК. - Курчатов: НЯЦ РК, 2000. Вып. 2. - С. 41-43.
3. Беляшова Н.Н., Малахова М.Н. Сейсмологическая сеть Национального ядерного центра Республики Казахстан как составная часть международной системы мониторинга ядерных испытаний//Геофизика и проблемы нераспространения/Вестник НЯЦ РК - Курчатов: НЯЦ РК, 2000. Вып. 2. - С. 13-16.
4. Брулев Ю.В., Крылов Г.Г., Нерсесов И.Л. и др. Аппаратура для региональных сейсмических исследований//Инструментальные средства сейсмических наблюдений. Сейсмические приборы. - М.: Наука, 1980. - Вып. 13. - С. 138-153.
5. Аранович З.И., Кирнос Д.П., Токмаков В.А. и др. Основные типы сейсмометрических приборов//Аппаратура и методика сейсмометрических наблюдений в СССР. - М.: Наука, 1974. - С. 43-117.
6. Копничев Ю.Ф., Шепелев О.М., Соколова И.Н. Распознавание ядерных взрывов и землетрясений на региональных расстояниях для полигона Лобнор//Геофизика и проблемы нераспространения/Вестник НЯЦ РК. - Курчатов: НЯЦ РК, 2000. - Вып. 2. - С. 65-77.
7. Соколова И.Н., Шепелев О.М. Особенности волновой структуры сейсмических записей подземных ядерных взрывов//Труды конференции-конкурса молодых ученых, 16-18 мая, 2000, Курчатов. - 2001. - С. 69-76.
8. Копничев Ю.Ф., Шепелев О.М., Соколова И.Н. Исследования по сейсмическому распознаванию подземных ядерных взрывов на полигоне Лобнор//Физика Земли. – 2001. - № 12. - С. 64-77.
9. Михайлова Н.Н., Соколова И.Н. Сравнение калибровочных взрывов Омега-2 и Омега-3 по сейсмическим данным на региональных расстояниях//Геофизика и проблемы нераспространения/Вестник НЯЦ РК. – Курчатов: НЯЦ РК, 2002. - Вып. 2. - С. 36-45.

**ҚР ҰЯО СЕЙСМКАЛЫҚ ЖҮЙЕСІНІҢ СТАНЦИЯЛАРЫНЫҢ ДЕРЕКТЕРІ БОЙЫНША СЕМЕЙ
СЫНАУ ПОЛИГОНЫ АУМАҒЫНДА СЕЙСМИКАЛЫҚ ОҚИҒАЛАРЫН АЙЫРЫП ТАҢУ**

¹⁾ Соколова И.Н., ²⁾ Мусин А.К., ¹⁾ Султанова Г.С.

¹⁾*Геофизикалық зерттеулер институты*
²⁾*ҚазҒЗИ Энергетика, Алматы қ*

Мақалада Семей сынау полигонында химиялық, ядролық жарылыстар мен жақындағы жер сілкінулерін танып білу бойынша зерттеулердің нәтижелері келтірілген. ҚР ҰЯО сейсмикалық жүйесінің полигоннан аймақтық қашықтықта орналасқан – Курчатов, Мақаншы, Бурабай, Талғар станцияларымен алынған 1964-2001 ж.ж. кезіндегі сейсмикалық жазбалары қолданылған. Lg/Pg, Sn/Pg, Sn/Pn, Lg/Pn спектрлі амплитудалық қатынастары зерттелген. Оқиғаларды танып білу ең нәтижелі критерийлерін анықтау мақсатымен жиілікті-уақыттық өрістердің талдауының нәтижелері келтірілген.

**DISCRIMINATION OF SEISMIC SOURCES LOCATED ON THE TERRITORY
OF THE SEMIPALATINSK TEST SITE USING NNC RK SEISMIC STATION DATA**

¹⁾I.N. Sokolova, ²⁾A.K. Mussin, ³⁾G.S. Sultanova

¹⁾*Institute of Geophysical Research*
²⁾*Kaz SRI of Energy*

The work shows the results of research on discrimination of chemical and nuclear explosions and near earthquakes at the Semipalatinsk Test Site. The records for the period between 1964 and 2002 recorded by the NNC RK Kurchatov, Makanchi, Borovoye and Talgar seismic stations located at regional distances from the test site were used. The spectral amplitude ratios were studied: Lg/Pg, Sn/Pg, Sn/Pn, Lg/Pn. A detailed analysis of time-frequency fields was performed in order to reveal the most effective discrimination criteria.